

新しいトンネル工法による都市 NATM の設計と施工（その 1）

—土砂 NATM における影響抑制の設計と施工—

鹿島建設(株) 関東支店○正会員 高橋 晴景
茨城県 水戸土木事務所 非会員 上遠野和夫
非会員 大森 満
鹿島建設(株) 土木設計本部 正会員 岩田 充功
関東支店 正会員 藤本 和義

1. はじめに

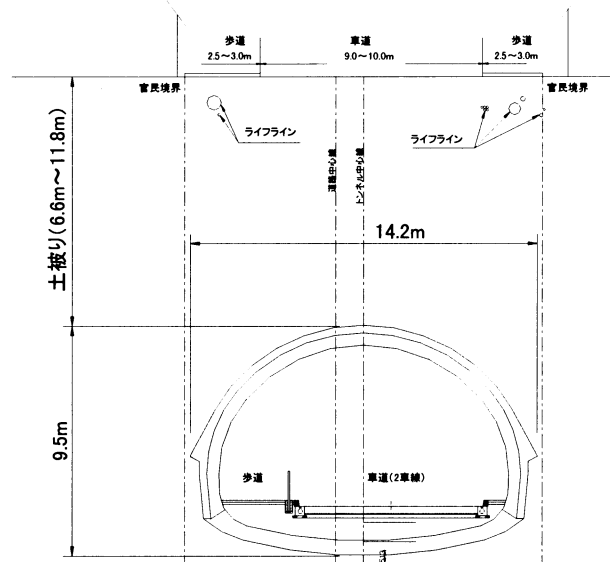
近年、都市部における土砂 NATM の施工事例が増加しており、周辺環境への影響を抑制する目的でアンブレラ工法のような様々な補助工法が採用されている。本工事は市街地における幹線道路直下での NATM 工法によるトンネル工事であり、工事概要に示すように極めて厳しい施工状況となっている。

このため、トンネル掘削時の周辺構造物への影響抑制に対しては脚部補強工及び長尺鋼管先受け工法を組み合わせた工法を開発し、地下水対策に対してはトンネル坑内からの水抜き工法の開発を行った。さらに、工事は各種計測結果の評価を行い、新しい脚部補強を用いたトンネル工法の有効性を評価するとともに、設計へのフィードバックを目的とした逆解析を実施した。

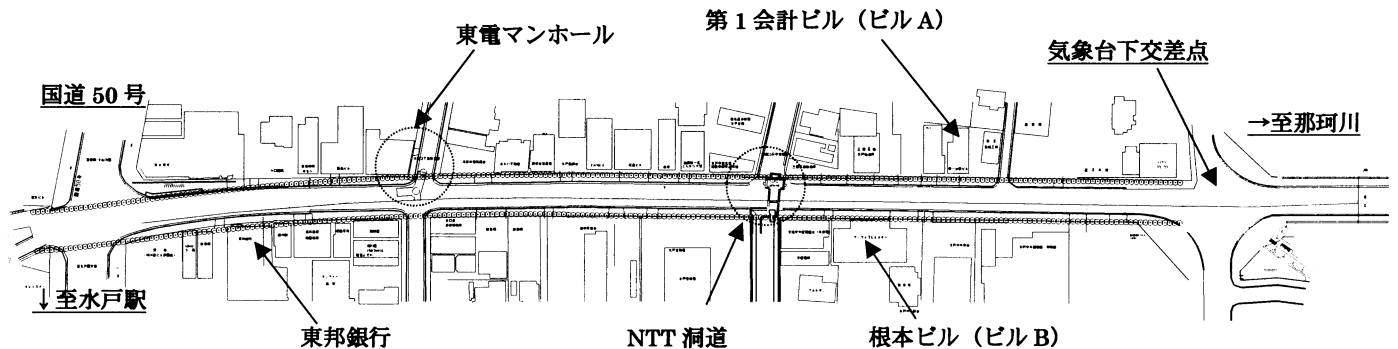
本報告では、工事概要および工法の設計時の考え方について報告する。

2. 工事概要、地質概要

標準断面図（図－1）とトンネル平面図（図－2）に示すように、トンネル掘削断面は 100m^2 を超える大断面となっており、トンネルと官民境界の離隔は極めて小さく、さらに土被りは $6\sim 11\text{m}$ と浅いため、トンネル掘削の影響を周辺構造物が受けやすい。また、地質縦断面図（図－3）と地山物性値（表－1）に示すように、施工箇所は未固結の軟弱な地山であり、切羽は洪積粘性土（Dc2）の不透水層と、その上下部に帯水層である洪積砂礫（Dg1,Dg2）の互層が配置する。すなわち、断面中央部にある Dc2 層がトンネル掘削による沈下を増大させるとともに、上部礫層の地下水対策を困難にしている。



図－1 トンネル標準断面図



図－2 トンネル平面図

キーワード：NATM、フットパイル、クロスジェット、地表面沈下

連絡先：水戸トンネル JV 工事事務所 TEL 029-222-0320 FAX 029-222-0322

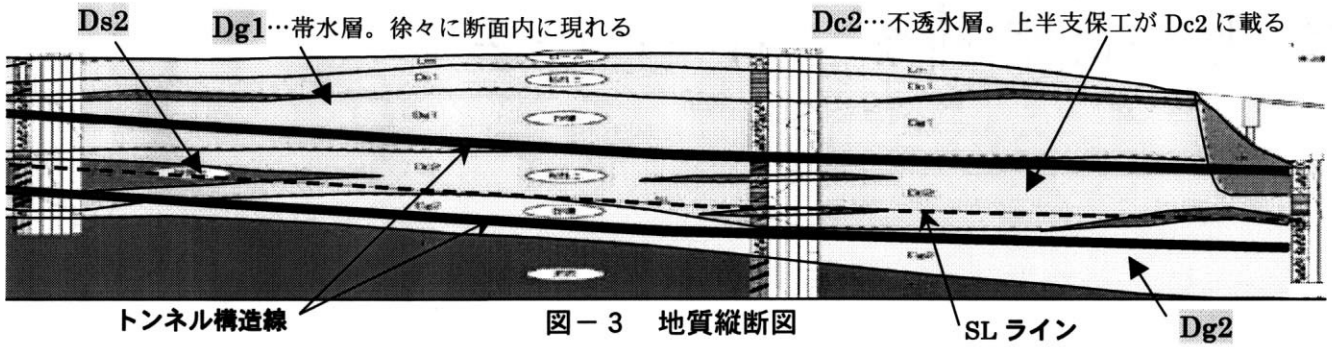


図-3 地質縦断面図

表-1 地山物性値

地層名	N 値 (平均値)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c_u (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ_u (°)	変形係数 E (kN/m ²)	透水係数 k (cm/s)
関東ローム層 (Lm)	2~6 (3)	13	38	0	15,000	—
上部粘性土層 (Dc1)	2~5 (4)	17	35	1.1	25,000	—
上部砂礫層 (Dg1)	16以上 (49)	20	10	43	77,000	5.1×10^{-3} $\sim 3.8 \times 10^{-2}$
下部粘性土層 (Dc2)	1~22 (8)	18	95	7.5	48,000	—
下部砂質土層 (Ds2)	3~36 (17)	18	10	31	36,000	7.0×10^{-4} $\sim 1.3 \times 10^{-4}$
下部砂礫層 (Dg2)	15以上 (50)	21	10	45	140,000	1.2×10^{-4} $\sim 6.5 \times 10^{-4}$
砂質泥岩層 (Tm)	50以上	16	500	10	140,000	—

3. 事前解析

先に示したように、トンネル掘削による地表面への影響を最小限に留めることが最重要課題の一つであると考えられた。FEM解析の結果、坑内から施工するフットパイル（図-4）では、切羽が接近してからの脚部改良となるため、先行沈下を抑制できないことがわかった。そこでトンネル掘削に先行して施工可能な脚部補強かつ効果的に変位を抑制できる工法として、クロスジェット（X-jet、図-5）を採用した。

クロスジェットは噴射攪拌工法の一つで、本工事ではφ2.0mの改良体をトンネル進行方向 1.7m ピッチで両側に造成している。これにより掘削時の緩み荷重を、上半支保工を通して確実に支持層に伝えることができる。すなわち、トンネル掘削前に柱列体を構築することで、掘削時の変形を抑制し、周辺地盤に対する影響を最小限に留めることができる。

図-6 にフットパイル案とクロスジェット案の FEM 解析結果を示す。クロスジェットを採用することで、地表面沈下、傾斜角ともに半分以下に抑えられることがわかる。

4. まとめ

今後都市部でのトンネル工法として土砂 NATM は、補助工法の追加を考慮しても、短いトンネルにおいてはシールド工法と比較して安価である。

本工法は、特に土被りの小さい軟弱地盤におけるトンネル施工に有効であり、同様の都市トンネルへの適用が可能である。本工事の設計および施工法が同種工事の参考となれば幸いである

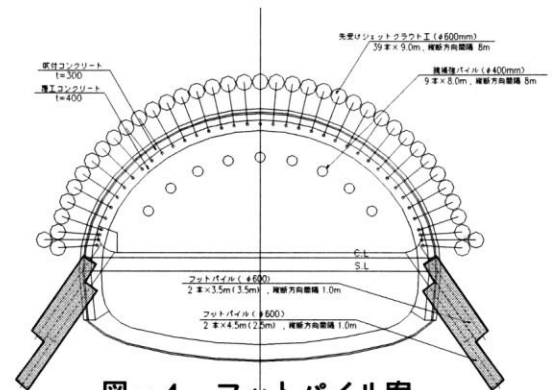


図-4 フットパイル案

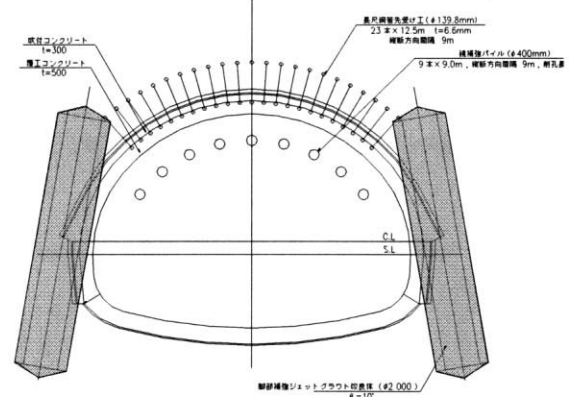


図-5 X-jet (クロスジェット) 案

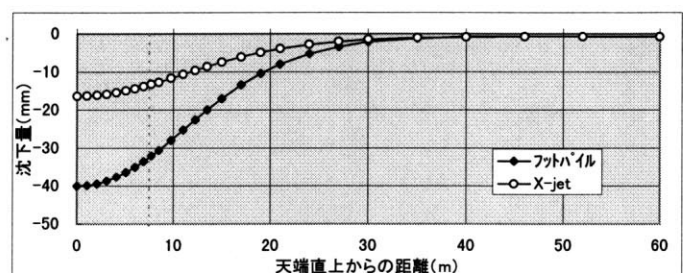
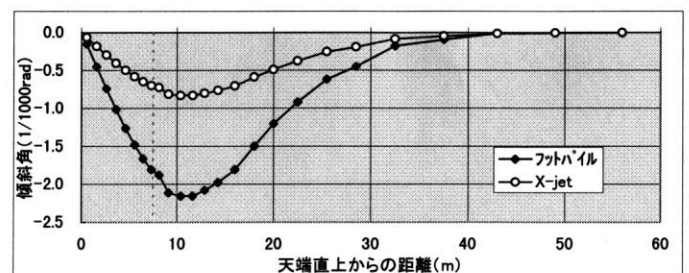


図-6 FEM 解析結果比較